

DOI 10.29254/2077-4214-2025-2-177-320-328

UDC 616.681: 616.688 - 089.843 - 008.811.9 - 092.9

¹Baibakov V. M., ¹Ostrovskaya S. S., ¹Rodionov V. K., ¹Khomyakov V. M.,²Guzenko B. V., ¹Kryzhanovskiy I. D., ¹Vlasova K. R.**EXPERIMENTAL MODELING OF NEGATIVE CONSEQUENCES OF GENERALLY ACCEPTED METHODS OF SURGICAL INTERVENTION ON ELEMENTS OF THE SPERMATIC CORD**¹European Medical University (Dnipro, Ukraine)²Dnipro State Medical University (Dnipro, Ukraine)

baybakov-vm@ukr.net

In the experimental work on rats, a morpho-functional model of the negative effects of the conventional surgical technique on the elements of the spermatic cord in the inguinal-scrotal region with a complete circular crossing of the vaginal process of the spermatic cord was created. The inguinal canal was completely dissected along its entire length, the spermatic cord was taken on a surgical turnstile, and the vaginal process of the spermatic cord was circularly crossed at three levels: directly above the testis, in the middle third of the spermatic cord, and at the level of the deep inguinal ring. The experimental animals were withdrawn from the experiment on days 1, 15, and 30. The material was studied by histological examination, the results of which showed the dynamics of pathomorphological changes in the inguinal-scrotal region during surgery according to the generally accepted surgical technique. After experimental modeling of the pathological process, all experimental animals had significant disorders of testicular circulation with the development of acute hypoxia in the testes. Throughout the entire period of the experimental study, the development of widespread sclerotic changes in the structural elements of the spermatic cord and the testis itself was observed, which led to its gross deformation with impaired sperm evacuation and a high risk of mechanical obturative infertility. It has been shown that the preservation of the main vascular anastomoses between all elements of the spermatic cord can significantly improve testicular blood circulation in the postoperative period and significantly reduce the likelihood of developing fertility disorders in the reproductive period. The data obtained from our study clearly substantiated the need to implement minimally invasive methods of surgical correction in the inguinal-scrotal area and to develop more advanced ways of testicular regeneration in the postoperative period in surgical and urological practice.

Key words: *experiment on rats, inguinal-scrotal area, surgical intervention, injury of the vaginal process of the spermatic cord, obturative infertility, histological studies.*

Connection of the publication with planned research works.

The study is a part of the research work of the Department of Surgical Diseases: "Development and improvement of methods of diagnostics and surgical treatment of abdominal organs in acute surgical diseases and their complications", state registration number 0118U004202.

Introduction.

Generally accepted methods of surgical interventions in the inguinal-scrotal region, in which full opening of the inguinal canal is performed, are always accompanied by trauma to the main structural elements of the spermatic cord. These negative consequences are considered to be a surgical trauma to the vascular component of the testicle [1]. In the surgical treatment of surgical diseases of the testicle, a complete transection of both the m. spermatic cord and the vaginal process of the spermatic cord is performed [2]. Traditionally, at the present stage, the negative consequences of surgical interventions on the main elements of the spermatic cord are usually attributed to complications of the disease of the inguinal-scrotal area [3].

In analyzing the current literature, we concluded that many questions remain unresolved regarding the impact of conventional surgical techniques on the condition of the vascular anastomoses of the spermatic cord and m.cremaster. Subsequently, this leads to gross disorders

of hormonal function and fertility in men of reproductive age [4].

The aim of the study.

Experimental morpho-functional modeling of the negative consequences of conventional methods of surgical intervention on the elements of the spermatic cord.

Object and research methods.

In the morpho-functional study, an experimental model of the negative consequences of conventional methods of surgical intervention in the inguinal-scrotal area with the exclusion of the function of the vaginal process of the spermatic cord was created [5].

The creation of the morphological and functional model in the experiment was carried out on the basis of the departments of fundamental disciplines of the European Medical University. For the research work, 55 white mature male Wistar rats weighing 250±35 grams were selected. The experimental and control groups of animals were kept in vivarium conditions under identical conditions on a normal diet. Before entering the experiment, the animals were quarantined for 7 days. The experimental animals were divided into 3 series of the experiment (**table**).

After the surgical intervention, 5 animals were selected in each series of the experiment at the appropriate observation period. The control group consisted of the testes of 10 rats that did not undergo surgery. The material obtained for the study was studied in parallel, taking into account the morphological and functional

characteristics of each group of animals.

The Commission on Bioethics, based on the minutes of the meeting of the Biomedical Ethics Committee of the European Medical University (No. 2 of February 21, 2024), found that no violations of moral and ethical standards were found in the conduct of research.

Surgical interventions on experimental animals were performed under general ether anesthesia. Based on the basic techniques of generally accepted methods of surgical intervention, the skin was opened in the lumbar region in one of the inguinal areas. During the operation, the skin and soft tissues were dissected to the aponeurosis of the external oblique muscle of the abdomen [6]. The inguinal canal was dissected along the entire length from the outer to the deep inguinal ring [7]. The spermatic cord with all its components was taken on a surgical turnstile, the vaginal process of the spermatic cord and the m. cremaster were completely crossed circularly at the level of the internal inguinal ring [8]. After that, the surgical wound was sutured in layers (fig. 1).

Testicles were isolated from the animal in the area of the external inguinal ring. The spermatic cord was taken on a surgical turnstile. Complete mobilization of the vaginal process of the spermatic cord was performed (fig. 2).

Layered hydropreparation of the tissues of the vaginal process of the spermatic cord of animals was performed with a sterile isotonic solution of sodium chloride. After that, it was cross-sectioned circularly (fig. 3). The vaginal process of the spermatic cord was transected in its proximal section (fig. 4). The surgical wound was sutured in layers [9].

The experimental animals were withdrawn from the experiment by an overdose of ether on days 1, 15, and 30. During the dynamic observation, it was found that the motor activity of the animals was restored within a day. Edema of the scrotum after surgery was observed within 5-9 days. In the control group, it was recorded that the healing of postoperative wounds was due to primary tension. The testicle on the side of the surgical intervention was located in the ciliary tube. The consistency was slightly denser compared to the control.

In our research work, we identified a control group of 10 rats. The animals of this group did not undergo transection of the vaginal process of the spermatic cord and M. cremaster. Conventional histological studies were performed to examine the condition of the convoluted seminiferous tubules, testis tissue, interstitial tissue, and testis epididymis. Testes were taken with all elements of the spermatic cord. The material was fixed in buffered neutral formalin (testicles with blood vessels, vaginal process of the spermatic cord). To reduce connective tissue edema, the removed testes were treated with a 5% sodium sulfate solution; to dehydrate the material, it was passed through a chain of alcohols of increasing concentration (from 30° to absolute alcohol inclusive). Before passing the preparations through the chain of alcohols, the tissues were stained with a solution of boric carmine. Several series of histologic sections were made from paraffin blocks in one of three mutually perpen-

Table – Distribution of experimental animals by main groups

The main series of experiments	A day after surgery.		
	1 day	15 days	30 days
I series (complete crossing of the VPSC over the testis)	5	5	5
Series II (complete crossing of the VPSC in the middle third of the spermatic cord)	5	5	5
III series (complete cross-section of the Iliopsoas at the level of the deep inguinal ring)	5	5	5
Control group (no surgical intervention)	10		
Together	55		

Note: VPSC is the vaginal process of the spermatic cord.

dicular planes (frontal, sagittal, and horizontal), not exceeding 5-10 μm in thickness. Slides were stained with hematoxylin-eosin. Microscopic examination of the preparations allowed us to accurately determine the histological structure of the main structures of the testicular tissue and their relationship between the elements of the spermatic cord.

Research results and their discussion.

The specimens of the control group of animals had a normal histologic picture. The fibrous layer in the convoluted seminiferous tubules was represented by spindle-shaped cells; the tubules themselves had a clearly defined ovoid shape. A detailed analysis revealed that the first (basal) row was formed by dense follicular cells (Sertoli cells), the second row was represented by spermatogonia with large hyperchromatic nuclei; the fourth and fifth rows were spermatocytes with lighter nuclei of smaller size. The cells of the convoluted tubules had very



Figure 1 – Testicle withdrawal into the surgical wound.



Figure 2 – Surgical mobilization of the vaginal process of the spermatic cord.

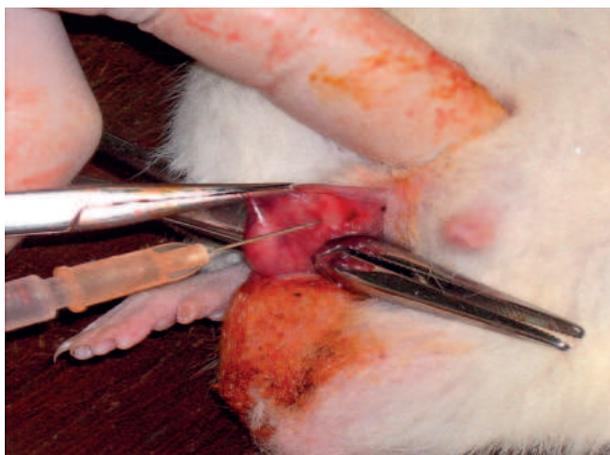


Figure 3 – Layered stage-by-stage hydropreparation of the vaginal process of the spermatic cord with a sterile isotonic solution of sodium chloride.



Figure 4 – Complete surgical removal and transection of the vaginal process of the spermatic cord in the proximal part.

high mitotic activity. Layers of coarse fibrous connective tissue with vessels had thin walls and flattened endothelium. In the lumen of the vessels, a significant accumulation of free lying and deformed red blood cells of irregular shape was determined. Sections of the ducts of the epididymis were represented by rounded tubules with dense walls, which were located among the coarse-fiber connective tissue. The double-row epithelium of the testicular ducts was represented by rounded cells with chromatin in the nuclei, in the lumen of which a cluster of spermatozoa was determined. Loose connective tissue with pronounced full blood vessels.

In the first series of the experiment, at autopsy after 1 day, it was found that the edges of the circularly completely tied vaginal process of the spermatic cord had significant diastasis in opposite directions up to 2.0 cm or more, which completely exposed all elements of the spermatic cord. It was also found that the blood vessels and the vas deferens itself were densely covered with fibrin, with a small number of altered red blood cells. There was significant edema of the surrounding tissue with foci of sclerotic foci. The proximal part of the vaginal process of the spermatic cord had pronounced signs of sequestration and edema. And in the distal part, around the removed testis, a place of accumulation of edematous tissue exudate was determined, which corresponded to signs of reactive inflammation.

30 days after the animals were withdrawn from the experiment, the amount and relative percentage of connective tissue increased dramatically. The spermatic cord was deformed, and a significant adhesion process was detected. The pronounced sclerotic changes were accompanied by the growth of coarse connective tissue. In the interval between the ends of the tied vaginal process of the spermatic cord, the connective tissue was tightly fused with all elements of the spermatic cord, difficult to separate and deformed its structures. The ejaculatory duct at the site of deformation formed an excessive bend in the form of a loop, which was fixed to the aponeurosis. The histologic picture in the loose connective tissue of the spermatic cord, below the intersection of the vaginal process of the spermatic cord, showed signs of a gross adhesive process. The tortuosity and deformation of the blood vessels of the microcirculatory channel of the testis increased significantly. There were pronounced phenomena with signs of uneven blood filling and stasis of large venous highways. The venous walls were significantly thinned with varicose lumen. The testicular artery had a reduced caliber due to intimal proliferation and wall sclerosis.

During microscopic examination of the testis on the side of the surgical intervention, in comparison with the contralateral and control testes, significant hemodynamic and lymphodynamic disorders were detected already a day later. There was lymphostasis and perivascular edema both in the area of the capsule vasculature and in the testicular stroma. Congestive hemorrhage was observed. The blood filling of arterioles and capillaries was significantly lower than in the contralateral testes. In the lumens, blood cell elements were not detected at all. Significant edema of endothelial cells and increased tortuosity of the wall of small arteries and arterioles indicated the presence of reflex spasm.

The fibrous layer of the seminiferous ducts was moderately thickened due to cell edema. In Sertoli cells, there were phenomena of granular dystrophy, in spermatogonia – increased mitotic activity (appearance of multinucleated cells), which were decompressed into the lumen of the tubules. The contents of the tubules were different, sometimes filamentous, sometimes deeply grooved, sometimes almost homogeneous eosinophilic. The contours of the tubules were clear. In the compactly arranged smooth muscle and argyrophilic fibers of the blood-brain barrier, a moderate reserve tortuosity was determined.

The seminiferous tubules restored their size and structure. However, there were tubules with signs of atrophy. The fibrous layer consisted of spindle-shaped cells. The first (basal) was represented by Sertoli cells, the second by spermatogonia with hyperchromatic nuclei, sometimes extending to the 3rd row, rather large in size, the 4th and 5th rows by spermatocytes of varying degrees of maturation with a lighter nucleus than spermatogonia. There were spermatozoa between the spermatocytes and in the lumen of the tubules. The mitotic activity of convoluted tubule cells was rather low, with moderate desquamation changes in 3-4 rows of cells. There were fibrous changes. Sclerosis with obliteration of microcirculatory vessels was formed around such altered tubules. Sclerosis, more moderate, was also found around the seminiferous tubules, which were almost normal in size. Moderate edema was noted in the

loose connective tissue of the spermatic cord. Sections of the ducts of the epididymis showed rounded tubules located among fibrous connective tissue with thin blood vessels.

An animal experiment with a complete circular cross-section across the vaginal process of the spermatic cord using conventional surgical techniques proved their negative effect on the structure and function of the testis. After modeling the pathological process, animals developed significant disorders of testicular circulation with the development of secondary hypoxia. A reflex increase in the function of the seminiferous tubules was observed in most cases, which was manifested in the expansion of the lumen of the tubules and the dilution of their contents, and then their partial normalization. In the experimental work, it was proved that irreversible processes occurred, such as sclerotic and atrophic changes in the structure of the spermatic cord. Venous hemorrhage and lymphostasis caused the development of focal and diffuse edema of the structural elements of the testis, which, in turn, led to significant disruption of the blood-testicular barrier. During the entire period of the experimental study, we found active formation of sclerotic changes in the stroma of the spermatic cord. Such changes caused its deformation, which led to impaired sperm evacuation and a high risk of mechanical obturation infertility. Excessive growth of connective tissue in the area of circular full cross-section of the vaginal process of the spermatic cord caused significant deformation of all its structural elements. These changes did not develop quadratically, but mainly in the frontal plane, which was also one of the reasons for excessive bending of the vas deferens with a complete disruption of the dynamics of the testicular fluid [10]. The results obtained during the research work indicate the negative impact of conventional surgical techniques accompa-

nied by trauma to the vaginal process of the spermatic cord. These changes cause significant disorders of testicular circulation [11]. Therefore, the preservation of the main vascular collaterals and anastomoses allows to improve testicular blood circulation in the postoperative period and reduce the risk of reproductive dysfunction in the future [12].

Thus, in the experimental study, a model of the pathological morpho-functional process that occurs in the spermatic cord and testes during surgery using generally accepted methods of treating surgical pathology of the testis was created [13]. This made it possible to identify and prove in the experiment the main pathogenetic mechanisms of the impact of negative factors of surgical intervention in the inguinal-scrotal area as a surgical trauma during surgery [14].

Conclusions.

1. The experiment proved that a complete circular crossing of the vaginal process of the spermatic cord, as a mandatory stage during conventional surgical techniques for surgical diseases of the testis, leads to the development of deep disorders of testicular circulation and significantly increases the risk of developing obturative male infertility in the fertile period.

2. Preservation of the main vascular anastomoses allows to improve testicular blood circulation in the postoperative period and significantly reduce the risk of reproductive dysfunction in men.

Prospects for further research.

The development and implementation of minimally invasive methods of treating testicular surgical diseases and preservation of the main vascular anastomoses in general practice can improve testicular blood circulation in the postoperative period and significantly reduce the risk of reproductive dysfunction in men.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-2-177-320-328

УДК 616.681: 616.688 - 089.843 - 008.811.9 - 092.9

¹Байбаков В. М., ¹Островська С. С., ¹Родіонов В. К., ¹Хом'яков В. М.,

²Гузенко Б. В., ²Крижановський І. Д., ²Власова К. Р.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ЗАГАЛЬНОПРИЙНЯТИХ МЕТОДІВ ОПЕРАТИВНОГО ВТРУЧАННЯ НА ЕЛЕМЕНТАХ СІМ'ЯНОГО КАНАТИКА

¹Європейський медичний університет (м. Дніпро, Україна)

²Дніпровський державний медичний університет (м. Дніпро, Україна)

baybakov-vm@ukr.net

У проведеній експериментальній роботі на щурах була створена морфо-функціональна модель негативних наслідків загальноприйнятої хірургічної методики на елементах сім'яного канатика в пахово-каліткової ділянці з повним циркулярним перетином вагінального відростка сім'яного канатика. Паховий канал повністю розтинали на всьому протяжі, сім'яний канатик брали на хірургічний турнікет, циркулярно перетинали вагінальний відросток сім'яного канатика на трьох рівнях: безпосередньо над сім'яником, у середній третині сім'яного канатика та на рівні глибокого пахового кільця. Піддослідних тварин виводили з експерименту за 1, 15 та 30 добу. Матеріал вивчався за допомогою гістологічних досліджень, результати яких показали динаміку патоморфологічних змін у пахово-каліткової ділянці при оперативному втручанні за загальноприйнятою хірургічною методикою. У всіх піддослідних тварин після експериментального моделювання патологічного процесу виникали суттєві порушення тестикулярного кровообігу з розвитком гострої гіпоксії в тестикулах. Протягом всього терміну експериментального дослідження спостерігався розвиток розповсюджених склеротичних змін в структурних елементах сім'яного канатика та самої тестикули, що приводило до його грубої деформації з порушенням евакуації сперми і високому ризику механічного обтураційного безпліддя. Показано, що збереження головних судинних анастомозів між усіма елементами сім'яного канатика дозволяє значно покращити

тестикулярний кровообіг у післяопераційному періоді та значно зменшити ймовірність розвитку порушення фертильності в репродуктивному періоді. Отримані дані проведеного нами дослідження чітко обґрунтували необхідність втілення в хірургічну та урологічну практику малоінвазивних методів хірургічної корекції в пахвинно-каліткової ділянці та розробку більш досконалих шляхів регенерації яєчка в післяопераційному періоді.

Ключові слова: експеримент на щурах, пахово-каліткова ділянка, оперативне втручання, травма вагінального відростка сім'яного канатика, обтураційне безпліддя, гістологічні дослідження.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження є фрагментом НДР кафедри хірургічних хвороб: «Розробка та удосконалення методів діагностики і хірургічного лікування органів черевної порожнини при гострих хірургічних захворюваннях та їх ускладненнях», номер державної реєстрації 0118U004202.

Вступ.

Загальноприйняті методики хірургічних втручань в пахово-каліткової ділянці, при яких виконується повне розкриття пахового каналу, завжди супроводжуються травмуванням основних структурних елементів сім'яного канатика. Ці негативні наслідки вважаються передбаченою хірургічною травматизацією судинного компонента яєчка [1]. При оперативному лікуванні хірургічних захворювань яєчка виконується повний перетин як *m. cremaster*, так і вагінального відростка сім'яного канатика [2]. Традиційно, на сучасному етапі, негативні наслідки хірургічних втручань на основних елементах сім'яного канатика прийнято відносити до ускладнень самого захворювання пахово-каліткової ділянці [3].

При аналізі сучасних літературних джерел ми дійшли висновку, що невирішеними залишаються багато питань щодо впливу загальноприйнятих методик хірургічного втручання на стан судинних анастомозів сім'яного канатика та *m. cremaster*. В подальшому це призводить до грубих порушень гормональної функції та фертильності чоловіків у репродуктивному віці [4].

Мета дослідження.

Експериментальне морфо-функціональне моделювання негативних наслідків загальноприйнятих методик оперативного втручання на елементах сім'яного канатика.

Об'єкт і методи дослідження.

В проведеному морфо-функціональному дослідженні була створена експериментальна модель негативних наслідків загальноприйнятих методів хірургічного втручання в пахово-каліткової ділянці з виключенням функції вагінального відростка сім'яного канатика [5].

Створення морфо-функціональної моделі в експерименті було виконано на базі кафедр фундаментальних дисциплін Європейського медичного університету. Для проведення науково-дослідницької роботи було відібрано 55 білих статевозрілих щурів самців лінії Вістар масою 250 ± 35 грамів. Дослідні і контрольну групи тварин утримували в умовах віварію в ідентичних умовах на звичайному харчовому раціоні. Перед введенням в експеримент тварини протягом 7 діб знаходились у карантинних умовах. Дослідні тварини були розподілені на 3 серії експерименту (таблиця).

Після проведеного хірургічного втручання в кожній серії експерименту у відповідний термін спостереження відбиралося по 5 тварин. Групою контролю слугували сім'яники 10 щурів, яким не робили операції. Отриманий матеріал, взятий для дослідження, вивчали паралельно з урахуванням морфо-функціональних особливостей кожної групи тварин.

Комісією з питань біоетики з протоколу засідання комітету з біомедичної етики Європейського медичного університету (№ 2 від 21 лютого 2024 р.) встановлено, що порушень морально-етичних норм при проведенні науково-дослідної роботи не виявлено.

Оперативні втручання на піддослідних тваринах проводились під загальним ефірним наркозом. Грунтуючись на базових прийомах загальноприйнятих методів оперативного втручання, розтин шкіри робили в поперековій зоні в одній із пахових ділянок. Під час проведення операції розтинали шкіру і м'які тканини до апоневрозу зовнішнього косоного м'язу живота [6]. Паховий канал розтинали на всьому протязі від зовнішнього до глибокого пахового кільця [7]. Сім'яний канатик з усіма його компонентами брали на хірургічний турнікет, циркулярно повністю перетинали вагінальний відросток сім'яного канатика та *m. cremaster* на рівні внутрішнього пахового кільця [8]. Після чого операційну рану пошарово зашивали (рис. 1).

Тестикули у тварини виділяли в області зовнішнього пахового кільця. Сім'яний канатик брали на хірургічний турнікет. Проводили повну мобілізацію вагінального відростка сім'яного канатика (рис. 2).

Пошарову гідропрепаровку тканин вагінального відростка сім'яного канатика тварин проводили стерильним ізотонічним розчином хлориду натрію. Після чого циркулярно перетинали упоперек (рис. 3). Перетин вагінального відростка сім'яного канатика робили в його проксимальному відділі (рис. 4). Хірургічну рану пошарово зашивали [9].

Піддослідних тварин виводили з експерименту шляхом передозування ефіру за 1, 15 та 30 добу. При динамічному спостереженні встановлено, що рухова активність тварин відновлювалась протягом доби. Набряк калитки після оперативного втручання спостерігався протягом 5-9 діб. В групі контролю зафіксовано, що загоєння післяопераційних ран відбувалося первинним натягом. Тестикула з боку хірургічного втручання знаходилась в калитці. Консистенція була дещо щільнішою у порівнянні з контролем.

В проведеної науково-дослідницькій роботі ми виділили контрольну групу, яка складала 10 щурів. Тваринам цієї групи не робили перетину вагінального відростка сім'яного канатика та *m. cremaster*. При проведенні загально прийнятих гістологічних досліджень вивчали стан звивистих сім'яних каналців, тканин тестикули, інтерстиціальної тканини, придатку тестикули. Тестикули відбиралися з усіма елементами

сім'яного канатика. Матеріал фіксували в забуференому нейтральному формаліні (тестикули з судинами, вагінальний відросток сім'яного канатика). Для зменшення набряку сполучної тканини видалені тестикули обробляли 5% розчином сірчанокислого натрію, для зневоднення отриманого матеріалу проводили через ланцюг спиртів зростаючої концентрації (від 30° до абсолютного спирту включно). Перед тим як проводити препарати через ланцюг спиртів, тканини тотально фарбували розчином борного карміну. З парафінових блоків, в одній із трьох взаємо-перпендикулярних площин (фронтальній, сагітальній та горизонтальній), виготовляли декілька серій гістологічних зрізів, які не перевищували завтовшки 5-10 мкм. Дофарбовували препарати на предметних скельцях гематоксилін-еозином. Мікроскопічне вивчення препаратів дало змогу точно визначити гістологічну будову основних структур тестикулярної тканини та їх співвідношення між елементами сім'яного канатика.

Результати дослідження та їх обговорення.

Препарати контрольної групи тварин мали звичайну гістологічну картину. Волокнистий шар у звивистих сім'яних каналцях був представлений веретеноподібними клітинами; самі каналці мали чітко визначену овоїду форму. При детальному аналізі виявлено, що перший (базальний) ряд був сформований щільними фолікулярними клітинами (клітини Сертолі), другий ряд представлений сперматогоніями з крупними гіперхромними ядрами; четвертий та п'ятий ряди – сперматоцитами з більш світлим ядром меншого розміру. Клітини звивистих каналців мали дуже високу мітотичну активність. Шари грубої волокнистої сполучної тканини з судинами мали тонкі стінки й сплюснений ендотелій. В просвіті судин визначалась значна скупченість вільно лежачих та деформованих еритроцитів неправильної форми. Зрізи протоків придатку тестикули були представлені округлими каналцями з щільними стінками, які розташовувались серед грубоволокнистої сполучної тканини. Дворядний епітелій протоків тестикули був представлений округлими клітинами з хроматином у ядрах, у просвіті яких визначалась скупчення сперматозоїдів. Пухка сполучна тканинами з вираженими повнокровними кровоносними судинами.

В першій серії експерименту, при розтині через 1 добу, виявлено, що краї циркулярно повністю перетятого вагінального відростка сім'яного канатика мали значний діастаз в протилежних напрямках до 2,0 см і більше, що повністю оголювало усі елементи сім'яного канатика. Також виявлено, що кровоносні судини та безпосередньо сама сім'яна протока були щільно вкриті фібрином, мали незначну кількість змінених еритроцитів. Спостерігався значний набряк навколишньої тканини з осередками склеротичних вогнищ. Проксимальна частина вагінального відростка сім'яного канатика мала виражені ознаки секвестрації та набряку. А в дистальній частині, навколо видаленої тестикули, визначалось місце накопичення набрякового тканинного ексудату, що відповідало ознакам реактивного запалення.

Таблиця – Розподіл експериментальних тварин за основними групами

Основні серії експериментів	Доба після оперативного втручання		
	1 доба	15 доба	30 доба
I серія (повний перетин ВВСК над сім'яником)	5	5	5
II серія (повний перетин ВВСК у середній третині сім'яного канатика)	5	5	5
III серія (повний перетин ВВСК на рівні глибокого пахового кільця)	5	5	5
Контрольна група (без оперативного втручання)	10		
Разом	55		

Примітка: ВВСК – вагінальний відросток сім'яного канатика.

Через 30 діб після виведення тварин з експерименту кількість та відносний відсоток сполучної тканини різко збільшувався. Сім'яний канатик був деформований, визначався значний спайковий процес. Виражені склеротичні зміни супроводжувалися розростанням грубої сполученої тканини. В проміжку між кінцями перетятого вагінального відростка сім'яного канатика сполучна тканина щільно зросталася з усіма елементами сім'яного канатика, важко відділялася і деформувала його структури. Сім'явиносна протока в місці деформації утворювала надмірний вигин у вигляді петлі, яка була фіксована до апоневрозу. Гістологічна картина в пухкій сполучній тканині сім'яного канатика, нижче місця перетину вагінального відростку сім'яного канатика, мала ознаки грубого спайкового процесу. Значно збільшувалась



Рисунок 1 – Виведення тестикули в операційну рану.



Рисунок 2 – Хірургічна мобілізація вагінального відростка сім'яного канатика.

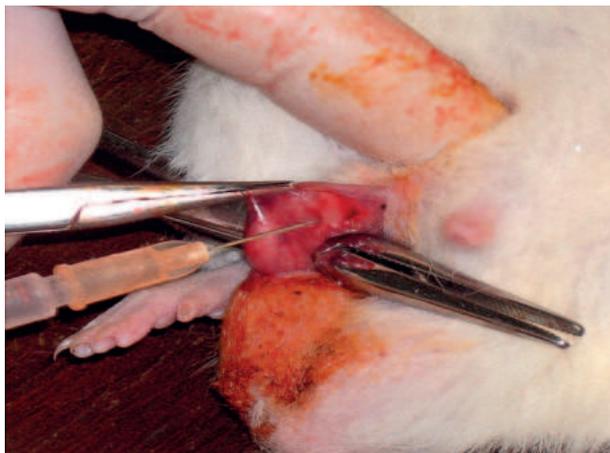


Рисунок 3 – Пошарова етапна гідропрепаровка вагінального відростка сім'яного канатика стерильним ізотонічним розчином хлориду натрію.



Рисунок 4 – Повне хірургічне видалення та перетин вагінального відростка сім'яного канатика в проксимальному відділі.

звивистість та деформація кровонесних судин мікроциркуляторного русла тестикули. Спостерігались виражені явища з ознаками нерівномірного наповнення кров'ю та стазом крупних венозних магістралей. Венозні стінки були значно витончені з варикозним розширенням просвіту. Яєчкова артерія мала зменшений калібр, внаслідок розростання інтими та склерозу стінки.

Під час мікроскопічного дослідження тестикули, з боку хірургічного втручання, в порівнянні з контралатеральними та контрольними сім'яниками вже через добу були виявлені суттєві порушення гемо- та лімфодинаміки. Лімфостаз та периваскулярний набряк як в ділянці судинної оболонки капсули, так і в стромі тестикули. Спостерігалось повнокров'я застійного характеру. Кровонаповнення артеріол та капілярів було помітно меншим, ніж в контралатеральних тестикулах. В просвітах клітинні елементи крові взагалі не визначались. Значний набряк ендотеліоцитів та збільшення звивистості стінки дрібних артерій та артеріол свідчили про наявність рефлекторного спазму.

Волокнистий шар сім'яносних протоків був помірно потовщений за рахунок набряку клітин. У клітинах Сертолі мали місце явища зернистої дистрофії, в спермогоніях – підсилення мітотичної активності (поява багатоядерних клітин), що дескламувалися у просвіт каналців. Вміст каналців був різним, то нитчастим, то глибчастим, то майже гомогенним

еозинофільним. Контури каналців були чіткими. В компактно розміщених гладеньких м'язових та аргірофільних волокнах гематотестикулярного бар'єру, визначалась помірна запасна звивистість.

Сім'яносні каналці відновлювали свої розміри та структуру. Але зустрічались каналці з ознаками атрофії. Волокнистий шар складався з клітин, які мали форму веретена. Перший (базальний) був представлений клітинами Сертолі, другий – сперматогоніями з гіперхромними ядрами, місцями розповсюджуючись на 3-й ряд, доволі крупних розмірів, 4-й та 5й ряди – сперматоцитами різного ступеня дозрівання з більш світлим ядром ніж сперматогонії. Між сперматоцитами та у просвіті каналців знаходились сперматозоїди. Мітотична активність клітин звивистих каналців була доволі низька, помірно виражені дескватозні зміни 3-4 рядів клітин. Мали місце фіброзні зміни. Навколо таких змінених каналців формувалась склероз з облітерацією судин мікроциркуляторного русла. Склероз, більш помірний, виявлявся і навколо сім'яних каналців, які мали майже нормальні розміри. В пухкій сполучній тканині сім'яного канатика відмічався помірний набряк. Зрізи протоків придатку яєчка представлені округлими каналцями, що були розташовані серед волокнистої сполучної тканини з тонкими кровонесними судинами.

Проведений на тваринах експеримент з повним циркулярним перетином уперек вагінального відростка сім'яного канатика за загальноприйнятими хірургічними методиками довів їх негативний вплив на структуру та функцію тестикули. У тварин після моделювання патологічного процесу виникали суттєві порушення тестикулярного кровообігу з розвитком вторинної гіпоксії. Рефлекторне підсилення функції сім'яних каналців відмічалось у більшості випадків, що проявлялося у розширенні просвіту каналців та розрідженні їх вмісту, а потім їх частковою нормалізацією. В експериментальній роботі було доведено, що виникали й незворотні процеси – склеротичні та атрофічні зміни у структурі сім'яного канатика. Венозне повнокров'я та лімфостаз обумовлювали розвиток вогнищового і дифузного набряку структурних елементів тестикули, що, в свою чергу, призводило до появи значних порушень гематотестикулярного бар'єру. Протягом всього терміну експериментального дослідження нами було виявлено активне формування склеротичних змін в стромі сім'яного канатика. Подібні зміни викликали його деформацію, що приводило до порушення евакуації сперми і високого ризику механічного обтураційного безпліддя. Надмірне розростання сполучної тканини в ділянці циркулярного повного перетину вагінального відростка сім'яного канатика викликало значну деформацію усіх його структурних елементів. Ці зміни розвивалися не поквратно, а переважно у фронтальній площині, що також стало однією із причин надмірного згину сім'яносної протоки з повним порушенням динаміки тестикулярної рідини [10]. Результати, які були отримані під час проведеної науково-дослідницької роботи свідчать про негативний вплив прийомів загальноприйнятих хірургічних методик, що супроводжуються травмуванням вагінального відростка сім'яного канатика. Ці зміни викликають значні порушення тестикулярного кровообігу [11]. Тому збереження основних судинних колатералей та анасто-

мозів дає змогу покращити тестикулярний кровообіг в післяопераційному періоді та знизити ризик порушення репродуктивної функції в подальшому [12].

Таким чином, в експериментальному дослідженні була створена модель патологічного морфо-функціонального процесу, який виникає у сім'яному канатику та тестикулах під час оперативного втручання з використанням загальноприйнятих методів лікування хірургічної патології яєчка [13]. Це дало змогу визначити та довести в експерименті основні патогенетичні механізми впливу негативних факторів оперативного втручання в пахвинно-калітковій ділянці, як хірургічної травми під час проведення операції [14].

Висновки.

1. В експерименті доведено, що повний циркулярний перетин вагінального відростка сім'яного канатика, як обов'язкового етапу під час проведення

загальноприйнятих оперативних методик при хірургічних захворюваннях яєчка, призводить до розвитку глибоких порушень тестикулярного кровообігу та значно підвищує ризик розвитку обтураційного чоловічого безпліддя у фертильному періоді.

2. Збереження основних судинних анастомозів дає змогу покращити тестикулярний кровообіг в післяопераційному періоді та значно знизити ризик порушення репродуктивної функції у чоловіків.

Перспективи подальших досліджень.

Розробка та впровадження в загальну практику малоінвазивних методів лікування хірургічних захворювань яєчка та збереження основних судинних анастомозів дають змогу покращити тестикулярний кровообіг в післяопераційному періоді та значно знизити ризик порушення репродуктивної функції у чоловіків.

References / Література

1. Xu C, Xiang B, Jin SG. Transumbilical Two-Port Laparoscopic Percutaneous Extraperitoneal Closure: A New Technique for Inguinal Hernia Repair in Children. *Journal of Laparoendoscopic Advanced Surgical Techniques, Part A*. 2023;234:392-396.
2. Patkowski D, Czernik J, Chrzan R. Percutaneous Internal Ring Suturing: A Simple Minimally Invasive Technique for Inguinal Hernia Repair in Children. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Techn.* 2023;16:513-517.
3. Ron O, Eaton S, Pierro A. Systematic Review of the Risk of Developing a Metachronous Contralateral Inguinal Hernia in Children. *British Journal of Surgery*. 2023;94:804-811.
4. Al-Jazaeri A, Asiri Y, Alkahtani S. Percutaneous obliteration of patent processus vaginalis: A rat model for future inguinal hernia repair in children. *J. Pediatr. Surg.* 2022;48:203-208.
5. Chang YT. Technical Refinements in Single-Port Laparoscopic Surgery of Inguinal Hernia in Infants and Children. *Diagnostic and Therapeutic Endoscopy*. 2022;5:392847.
6. Wang KS. Committee on Fetus and Newborn and Section on Surgery Assessment and Management of Inguinal Hernia in Infants. *Pediatrics*. 2022;1304:768-773.
7. Ponsky T, Nalugo M, Ostlie DJ. Pediatric laparoscopic inguinal hernia repair: a review of the current evidence. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech.* 2023;24:183-187.
8. Zallen G, Glick PL. Laparoscopic inversion and ligation inguinal hernia repair in girls. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech.* 2022;17:143-145.
9. Dilek OH. Hernioplasty and testicular perfusion. *Springer Plus*. 2023;3:107.
10. Coran AG, Caldamone A, Adzick NS. Inguinal hernias and hydroceles. *Pediatric Surgery*. 2022;76:85-1001.
11. Ho CH, Yang SS, Tsai YC. Minilaparoscopic high-ligation with the processus vaginalis undissected and left in situ is a safe, effective, and durable treatment for pediatric hydrocele. *Urology*. 2022;76:134-137.
12. Sozubir S, Ekingen G, Senel U. A continuous debate on contralateral processus vaginalis: evaluation technique and approach to patency. *Hernia*. 2023;10:74-78.
13. Wang JH, Zhang W, Tou JF. Incidence of Pediatric Metachronous Contralateral Inguinal Hernia in Children Aged Year \geq . *World Journal of Pediatrics*. 2022;8: 256-259.
14. Zavras N, Christou A, Misiakos E. Current Trends in the Management of Inguinal Hernia in Children. *International Journal of Clinical Medicine*. 2023;5:770-777.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ЗАГАЛЬНОПРИЙНЯТИХ МЕТОДІВ ОПЕРАТИВНОГО ВТРУЧАННЯ НА ЕЛЕМЕНТАХ СІМ'ЯНОГО КАНАТИКА

Байбаков В. М., Островська С. С., Родіонов В. К., Хом'яков В. М.,
Гузенко Б. В., Крижановський І. Д., Власова К. Р.

Резюме. На сучасному етапі загальноприйняті методики хірургічних втручань в пахово-калітковій ділянці, при яких виконується повне розкриття пахового каналу, завжди супроводжуються травмуванням основних структурних елементів сім'яного канатика. Ці негативні наслідки прийнято вважати передбаченою хірургічною травматизацією судинного компонента під час проведення загальноприйнятих оперативних методик на елементах сім'яного канатика.

Мета дослідження. Експериментальне морфо-функціональне моделювання негативних наслідків загальноприйнятих методик оперативного втручання на елементах сім'яного канатика.

Об'єкт і методи дослідження. На щурах самцях проведено три серії експерименту. Виконували повний циркулярний перетин вагінального відростка сім'яного канатика на трьох рівнях: безпосередньо над сім'яником, у середній третині сім'яного канатика та на рівні глибокого пахового кільця. Тварин виводили з експерименту за 1, 15, 30 добу та проводили гістологічні дослідження.

Результати. У всіх піддослідних тварин після моделювання патологічного процесу виникали значні порушення тестикулярного кровообігу з розвитком вторинної гіпоксії. Спочатку відмічалось рефлекторне підсилення функції сім'яних каналців, що пов'язано з первинним реактивним набряком навколишніх тканин. У подальшому розвивалися виражені склеротичні зміни структурних елементів сім'яного канатика, які супроводжувалися розростанням грубої сполучної тканини з деформацією структури канатика. Мали місце незворотні фіброзні зміни, які призводили до порушення евакуації сперми і високого ризику розвитку механічного обтураційного безпліддя.

Висновки. В експерименті доведено, що повний циркулярний перетин вагінального відростка сім'яного канатика, як обов'язкового етапу під час проведення загальноприйнятих оперативних методик при хірургічних захворюваннях яєчка, призводить до розвитку важких морфологічних змін, що значно підвищує ризик

розвитку обтураційного чоловічого безпліддя у фертильному періоді. Збереження основних судинних анастомозів дає змогу покращити тестикулярний кровообіг в післяопераційному періоді та значно знизити ризик порушення репродуктивної функції у чоловіків.

Ключові слова: експеримент на щурах, пахово-каліткова ділянка, оперативне втручання, травма вагінального відростка сім'яного канатика, обтураційне безпліддя, гістологічні дослідження.

EXPERIMENTAL MODELING OF NEGATIVE CONSEQUENCES OF GENERALLY ACCEPTED METHODS OF SURGICAL INTERVENTION ON ELEMENTS OF THE SPERM CORD

Baibakov V. M., Ostrovska S. S., Rodionov V. K., Khomyakov V. M., Guzenko B. V., Kryzhanovsky I. D., Vlasova K. R.

Abstract. At the present stage, generally accepted methods of surgical interventions in the inguinal-scrotal area, in which complete opening of the inguinal canal is performed, are always accompanied by trauma to the main structural elements of the spermatic cord. These negative consequences are considered to be the expected surgical traumatization of the vascular component during the performance of generally accepted surgical techniques on elements of the spermatic cord.

The aim of the study. Experimental morpho-functional modeling of the negative consequences of generally accepted surgical techniques on the elements of the spermatic cord.

Object and research methods. Three series of experiments were conducted on male rats. A complete circular section of the vaginal process of the spermatic cord was performed at three levels: directly above the testicle, in the middle third of the spermatic cord and at the level of the deep inguinal ring. Animals were removed from the experiment after 1, 15, 30 days and histological studies were performed.

Results. In all experimental animals, after modeling the pathological process, significant disorders of testicular blood circulation with the development of secondary hypoxia occurred. Initially, a reflex enhancement of the function of the seminiferous tubules was noted, which is associated with primary reactive edema of the surrounding tissues. Subsequently, pronounced sclerotic changes in the structural elements of the spermatic cord developed, which were accompanied by the growth of coarse connective tissue with deformation of the structure of the cord. Irreversible fibrous changes occurred, which led to impaired sperm evacuation and a high risk of developing mechanical obstructive infertility.

Conclusions. The experiment proved that the complete circular section of the vaginal process of the spermatic cord, as a mandatory stage during the implementation of generally accepted surgical techniques for surgical diseases of the testicle, leads to the development of severe morphological changes, which significantly increases the risk of developing obstructive male infertility in the fertile period. Preservation of the main vascular anastomoses allows you to improve testicular blood circulation in the postoperative period and significantly reduce the risk of impaired reproductive function in men.

Key words: experiment on rats, inguinal-scrotal area, surgical intervention, trauma to the vaginal process of the spermatic cord, obstructive infertility, histological studies.

ORCID and contribution / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Baibakov V. M.: <https://orcid.org/0000-0001-8632-103X>^{BD}

Ostrovska S. S.: <https://orcid.org/0000-0002-0373-3491>^{EF}

Rodionov V. K.: <https://orcid.org/0009-0007-3454-0514>^{CE}

Khomyakov V. M.: <https://orcid.org/0000-0002-3985-3305X>^A

Guzenko B. V.: <https://orcid.org/0000-0003-4874-6760>^E

Kryzhanovsky I. D.: <https://orcid.org/0000-0002-0626-7542>^{BE}

Vlasova K. R.: <https://orcid.org/0009-0001-6263-5066>^B

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest. / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Baibakov Volodymyr Mykhailovych / Байбаков Володимир Михайлович

European Medical University / Європейський медичний університет

Ukraine, 49005, Dnipro, 3 Academician Georgy Dzyak str. / Адреса: Україна, 49005, м. Дніпро, вул. Академіка Георгія Дзяка 3

Tel.: 0509198547 / Тел.: 0509198547

E-mail baybakov-vm@ukr.net

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 10.02.2025 / Стаття надійшла 10.02.2025 року
Accepted 02.05.2025 / Стаття прийнята до друку 02.05.2025 року